

Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН

PONTUS EUXINUS
ПОНТ ЭВКСИНСКИЙ : XII



ПОНТ ЭВКСИНСКИЙ – 2021

XII Всероссийская научно-практическая конференция молодых учёных с международным участием по проблемам водных экосистем, посвященная 150-летию Севастопольской биологической станции – ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН»

Материалы конференции

Севастополь, 20–24 сентября 2021 г.

Севастополь
ФИЦ ИнБЮМ
2021

КИНЕТИКА ОБМЕНА МЕТАЛЛОВ В МИДИЯХ *MYTILUS GALLOPROVINCIALIS* (LAMARCK, 1819) ПРИ ПИЩЕВОМ ПОГЛОЩЕНИИ

Поспелова Н. В., Приймак А. С., Егоров В. Н., Штунц А. С.

ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН»,
г. Севастополь

Ключевые слова: микроэлементы, биоаккумуляция, степень усвоения, коэффициент накопления, *M. galloprovincialis*

Перенос микроэлементов в морских пищевых цепях – важный процесс, определяющий биоаккумуляцию металлов и биогеохимический круговорот в морских экосистемах. Выявление закономерностей накопления металлов в органах и тканях мидий позволяет определить как санитарно-гигиенические риски их продуктового использования при выращивании в марикультуре, так и роль моллюсков в биогеохимических процессах изменения состава морской среды. Цель работы – определить содержание ионов Cu, Zn, Cd, Pb и металлоида As в мягких тканях мидий и их биоотложениях в масштабе сезонного хода онтогенеза, с использованием математической модели и эмпирических данных проанализировать интенсивность их накопления моллюсками при пищевом пути минерального питания.

Исследования проведены с февраля по декабрь 2020 г. Моллюсков отбирали с морской фермы, размещенной на внешнем рейде Севастопольской бухты. Биоотложения собирали, помещая мидий сразу после отлова в фильтрованную морскую воду на 4–5 ч для освобождения содержимого их желудков. Экскременты собирали пипеткой, промывали дистиллированной водой и высушивали. Аналитическое определение концентраций металлов в пробах осуществляли в научно-образовательном центре коллективного пользования «Спектрометрия и хроматография» ФИЦ ИнБЮМ методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ИСП-МС) на масс-спектрометре «PlasmaQuant MS Elite» (Analytik Jena AG, Германия).

Общая модель процесса транспорта металлов мидиями может быть представлена в виде схемы, предложенной нами ранее для меди [1]. Мы не рассматриваем процессы адсорбции растворенных форм металлов мидиями, поскольку это требует использования радиотраассерных методов. Потребности моллюсков в энергетических компонентах, которые характеризуются коэффициентом K_2 , и химических элементах (степень усвоения оценивается коэффициентом q) различаются. Степень усвоения элемента из пищи может являться важной характеристикой, определяющей потребность морских организмов в микроэлементах (показатель степени их биогенности).

На примере меди нами была построена математическая модель и предложен способ определения q по результатам измерений концентраций элементов в мягких тканях мидий (C_T) и их биоотложениях (C_F) с учетом коэффициента усвоения пищи на рост K_2 (q_n) [1]:

$$q = \frac{C_T q_n}{C_T q_n + C_F (1 - q_n)} \quad (1)$$

Способы расчёта, включающие концентрацию элементов во взвешенном веществе, не учитывают процессы обмена металлов в организме моллюсков, а следовательно, могут давать большую погрешность. Поэтому в данной модели мы

избежали применения уравнения, учитывающего концентрацию металлов во взвешенном веществе. Предложенная нами модель построена на основе структурных схем пищевого и минерального метаболизма мидий [1]. При известных значениях степени усвоения элемента из пищи q и степени усвоения пищи на рост K_2 (q_n) предложено уравнение, позволяющее определить предельный коэффициент пищевого накопления металла:

$$K_{\text{п}} = q / q_{\text{п}} \quad (2)$$

Коэффициент $K_{\text{п}}$ в данной модели определен как максимально возможный.

Согласно теории минерального гомеостаза морских экосистем [2] при исследовании кинетики содержания микроэлементов в мидиях показано, что концентрация и обмен химического микроэлемента может рассматриваться как интегральный процесс во всём онтогенезе и для оценки усвояемости элементов моллюсками можно использовать среднегодовую оценку K_2 , максимальное значение которого для черноморских мидий определено как 0,6 [3].

В разные сезоны средние значения q для Cu составили от 0,14 до 0,79; для Zn – от 0,58 до 0,96; Cd – от 0,44 до 0,95; Pb – от 0,15 до 0,44; As – от 0,43 до 0,95. Поскольку биоаккумуляция металлов мидиями разных размеров может различаться, мы разделили моллюсков на группы – промысловые мидии (размер раковины 50 мм и более) и непромысловые (размер раковины менее 50 мм). Показано, что степень усвоения элементов из пищи q различается для моллюсков этих групп – непромысловые моллюски в большинстве случаев интенсивнее усваивают микроэлементы, что вполне объяснимо более интенсивным ростом и обменом моллюсков возрастом 1–1,5 года (за этот срок культивируемые мидии в районе исследований достигают промыслового размера). Различия в усвоении элементов отмечены и в зависимости от сезона года. Наиболее низкая усвояемость меди и кадмия характерна для февраля и апреля, цинка – для февраля, мышьяка – для апреля, хуже всего усваивался свинец. Степень усвоения свинца минимальна, по сравнению с другими элементами, максимальная степень усвоения (0,9 и выше) отмечена для Zn и As, а в отдельные периоды и для Cu.

Предельный коэффициент пищевого накопления элементов ($K_{\text{п}}$) в большинстве случаев для Zn, Cd и As достигал значений 1 и выше, в особенности для непромысловых моллюсков. Поскольку доля растворенных в воде металлов чаще всего выше, чем в составе взвеси, возможно, в эти периоды у моллюсков преобладали процессы адсорбции – непищевой путь поступления элементов.

Полученные в рамках данной работы результаты апробирования модели оценки степени накопления металлов Cu, Zn, Cd, Pb и металлоида As мидиями при пищевом пути минерального питания показали применимость этой модели для моллюсков-фильтраторов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Севастополя в рамках научного проекта № 20-44-925001, а также в рамках темы НИР государственного задания ФИЦ ИнБЮМ (№ госрегистрации АААА-А18-118021350003-6).

Список литературы

1. Поспелова Н. В., Егоров В. Н., Челядина Н. С., Нехорошев М. В. Содержание меди в органах и тканях *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819 и поток её седиментационного депонирования в донные осадки в хозяйствах черноморской

аквакультуры // Морской биологический журнал. 2018. Т. 3, вып. 4. С. 64–75. <https://doi.org/10.21072/mbj.2018.03.4.07>

2. Егоров В. Н. Теория радиоизотопного и химического гомеостаза морских экосистем. Севастополь : ФИЦ ИнБЮМ, 2019. 356 с. <https://doi.org/10.21072/978-5-6042938-5-0>

3. Сытник Н. А., Золотницкий А. П. Энергетический бюджет и эффективность использования пищи на рост у черноморской мидии (*Mytilus galloprovincialis*) // Экосистемы. 2019. Т. 50, вып. 20. С. 105–116.

ДОННЫЕ И ПЕЛАГИЧЕСКИЕ РЫБЫ КАК ИНДИКАТОРЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ МОРСКОЙ СРЕДЫ ОРГАНИЧЕСКИМИ ПОЛЛЮТАНТАМИ

Цыганков В. Ю., Донец М. М., Боярова М. Д., Христофорова Н. К.

Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток

Ключевые слова: донные рыбы, пелагические рыбы, СОЗ, ГХЦГ, ДДТ, ПХБ, морская среда, биомониторинг

Прогресс в сельском хозяйстве, промышленности и медицине обеспечил людям более комфортную жизнь и заметное улучшение ее качества. Вместе с тем он привел к росту потребления ряда синтетических органических химикатов, отрицательным последствием чего стало ухудшение состояния окружающей среды. В настоящее время стойкие органические загрязняющие вещества (СОЗ) признаны особо опасными экотоксикантами. Они повсеместно распространены в окружающей среде и обнаруживаются во всех регионах планеты, в том числе на территории России.

Поскольку эти соединения летучи и персистентны, запрещены к использованию в большинстве стран, а также их конечным «депо» являются водные экосистемы, куда СОЗ попадают за счет прямых выбросов, гидрологических и атмосферных процессов, определение в них уровней биологически накопленных токсикантов является актуальным направлением в экологической токсикологии.

Использование различных организмов в мониторинговых исследованиях СОЗ является крайне важным. Индикаторными можно назвать организмы, которые аккумулируют поллютанты в своих тканях и органах из окружающей среды, указывая на ее состояние.

Рыбы населяют практически все водоемы планеты и считаются удобными индикаторами содержания СОЗ. Например, донные рыбы отражают локальный характер загрязнения и концентрации поллютантов в них могут приниматься за «фоновые». Пелагические рыбы можно использовать при исследовании международных водных территорий на основе жизненного цикла, а также при исследовании биомагнификации и аккумуляции по пищевым цепям.

Также, по анадромным рыбам можно рассматривать процессы переноса токсикантов в различные районы Мирового океана, между морями и климатическими зонами. Биогеохимические круговороты элементов на суше и в океане происходят под действием основных экологических факторов. Уникальным примером направленного переноса биогенных элементов в океане являются нерестовые миграции анадромных рыб, например, тихоокеанских лососей, которые в нагульный период ведут океанический образ жизни, а нерест и раннее развитие происходит в пресной воде, в реках и озерах. Во время нагула в океане и особенно перед нерестовой миграцией лосося аккумулируют резервные нейтральные липиды, как для удовлетворения энергетических затрат, так и для развития гонад во время